Estudi de les comunitats fitoplanctòniques estivals a quatre platges del municipi de Santa Eulària del Riu (Eivissa)

Margalida PUIGSERVER, Nuria MONERRIS i Gabriel MOYÀ

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA NATURAL DE LES BALEARS

Puigserver, M. Monerris, N. i Moyà, G. 2019. Estudi de les comunitats fitoplanctòniques estivals a quatre platges del municipi de Santa Eulària del Riu (Eivissa). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears,* 62: 33-50. ISSN 0212-260X. e-ISSN 2444-8192. Palma (Illes Balears).

En el present treball es recullen dades de les comunitats fitoplanctòniques de quatre platges del municipi de Santa Eulària del Riu a l'illa d'Eivissa durant els estius de 2013 i 2014. S'han identificat 79 tàxons de microalgues a nivell d'espècie o gènere i 2 a nivell de classe, constituint una comunitat diversificada que mostra variabilitat tant en l'espai com en el temps. D'aquests tàxons, són pocs els que es troben presents de manera recurrent i constitueixen la base de la comunitat fitoplanctònica, sent les dominants les nanoflagel·lades. Molts dels altres tàxons apareixen de manera esporàdica i puntualment contribueixen a una part més gran del total de la comunitat, dominant dinoflaglel·lades o diatomees segons el cas. En base a l'abundància cel·lular total, podem considerar Cala Llonga com una platja oligotròfica, Santa Eulària com a més productiva i les platges d'Es Riu i Es Canar com a platges amb característiques tròfiques intermèdies. De manera general s'observa un creixement fitoplanctònic durant el mes de juliol, que pot avançar-se o endarrerir-se lleugerament segons la zona d'estudi. En el cas de Cala Llonga, aquest creixement estival es produeix en el mes d'agost. Aquests creixements responen a les condicions pròpies de l'estiu amb elevades temperatures i estabilitat de la columna d'aigua, potenciades per l'increment de banyistes i d'altres activitats nàutiques. Per altra banda, els creixements explosius d'espècies concretes, que han arribat a provocar la discoloració de les aigües, constitueixen una senyal d'alerta que les condicions d'aquests ecosistemes surten del seu estat natural.
Paraules clau: *fitoplàncton; litoral; estiu; ecologia; Eivissa.*

SUMMER PHYTOPLANKTON COMMUNITIES IN FOUR BEACHES OF SANTA EULÀRIA DEL RIU (EIVISSA). The present study reports phytoplankton data obtained from four beaches of Santa Eulària del Riu from Ibiza Island during the summers of 2013 and 2014. A total of 79 microalgae taxa have been identified at species or genera level and 2 taxa at class level. This diverse community varies in time as well as in space. Few of them are recurrent and constitute the base of the phytoplankton community, in which the nanoflagellates are the dominant group. Most of the other taxa appear sporadically, and occasionally constitute a higher proportion of the whole phytoplankton community dominated by dinoflagellates or diatoms (depending on the sampling time). Based on total phytoplankton cell abundance we consider waters of Cala Llonga as oligotrophic, Santa Eulària waters with higher nutrient levels, and Es Riu and Es Canar with intermediate nutrient water levels. The general trend is the presence of a phytoplankton bloom during July. This bloom can be advanced or delayed depending on the study area. At Cala Llonga the phytoplankton bloom is observed during August. These phytoplankton blooms matches with summer conditions of high temperatures and water stability, also with the increase of recreational swimming and nautical activities. On the other hand, harmful blooms of specific taxa which involve red tides are a warming sign that these

ecosystems are not in their natural conditions.
Keywords: *phytoplankton; coastal waters; summer; ecology; Ibiza.*

Margalida Puigserver, Nuria Monerris i Gabriel Moyà, Grup d'Ecologia Interdisciplinària, Departament de Biologia, Universitat de les Illes Balears, ctra. Valldemossa km 7.5, 07122 Palma de Mallorca. E-mail: margapuigserver@gmail.com

Recepció del manuscrit:31-agost-2019; revisió acceptada:22-octubre-2019.

Introducció

Aquest treball presenta l'estudi sobre l'evolució de les comunitats del fitoplàncton que viuen a les aigües lliures de quatre platges del municipi de Sta. Eulàlia del Riu durant els mesos d'estiu. L'estudi té un objectiu doble, d'una part incrementar els coneixements sobre el medi natural aquàtic del municipi i de l'altre desxifrar les possibles causes de la presència sobtada de proliferacions de fitoplàncton prop de la platja, tot plegat en el context d'aplicació de l'Agenda Local 21 (Conselleria de Medi Ambient, 2002) i els Sistemes de Gestió Ambiental ISO 14001 (2004) implementats a les platges d'aquest municipi.

Des d'una perspectiva referida al fitoplàncton com indicador de l'estat ecològic dels ecosistemes aquàtics (DMEA, 2000) la proposta es fonamenta en la identificació i quantificació de les espècies que tenen el seu hàbitat en les condicions estivals de les platges i, d'aquestes, quines n'alteren la qualitat i suposen una pertorbació per a les aigües cristal·lines que caracteritzen aquests ecosistemes.

Les quatre platges escollides (Santa Eulària, Es Riu, Es Canar i Cala Llonga) presenten diferències en relació a les seves característiques morfològiques i la forma de relacionar-se amb l'entorn geogràfic immediat, però totes tenen en comú la gran transparència de l'aigua durant la major part de l'any, l'elevada concurrència de banyistes al llarg dels mesos més càlids, i les quatre reben, directament o de forma col·lateral, els impactes derivats del conjunt d'activitats nàutiques que s'hi desenvolupen a l'estiu.

Els episodis de discoloració de les aigües marines s'han incrementat en les darreres dècades a les zones turístiques de la Mediterrània (Masó i Garcés, 2006). En concret a les Illes Balears n'existeixen un bon nombre de registres (Puigserver i Moyà, 2015). Aquests esdeveniments responen a la barreja de factors que van canviant els paisatges idíl·lics d'aigües clares propis de les nostres costes i poden afectar negativament a la indústria turística. A més, hi ha espècies que quan arriben a una platja s'hi instal·len permanentment. Tot i que no es manifestin cada estiu es mantenen en estat latent en el sediment, es tracta de formes de resistència o cistes, i proliferen quan les condicions les són favorables (Anderson *et al.*, 1995). La importància de tenir-les registrades i vigilar la seva dinàmica és evident en el context de la gestió dels ecosistemes aquàtics.

El present estudi ens ha permès tenir un coneixement suficientment bo de les comunitats fitoplanctòniques de les quatre platges estudiades i alertar de la presència d'aquelles espècies que poden resultar perjudicials per a la qualitat de les zones de bany. Aquesta és una bona estratègia per dues raons, primer perquè la manera de fer front a un possible problema és conèixer el seu origen, i segon, perquè d'acord amb la

Directiva Marc de l'Aigua de la UE la gestió dels ecosistemes aquàtics, tant els epicontinentals com els marins, ha de tenir com objectiu final la millora del seu estat ecològic i la restitució d'una situació més semblant a la de referència (DMEA, 2000).

Materials i mètodes

La selecció de les quatre platges es feu en base als coneixements i l'experiència prèvia del personal especialitzat de la Regidoria de Medi Ambient del municipi de Sta. Eulària del Riu. L'objectiu de la selecció dels punts de mostreig ha estat intentar encabir, en cada lloc, les suposables heterogeneïtats derivades de la pròpia estructura de cada platja, de les activitats que s'hi desenvolupen i de les possibles o confirmades, cas d'Es Riu, influències externes. La presa de mostres s'ha realitzat a deu punts de mostreig que, tal i com es pot observar a la Fig. 1, es distribueixen de la següent manera: SE1 i SE2 a la platja de Santa Eulària; R1, R2 i R3 a la platja d'Es Riu; C1, C2 i C3 a la platja d'Es Canar; i Ll1 i Ll2 a Cala Llonga.

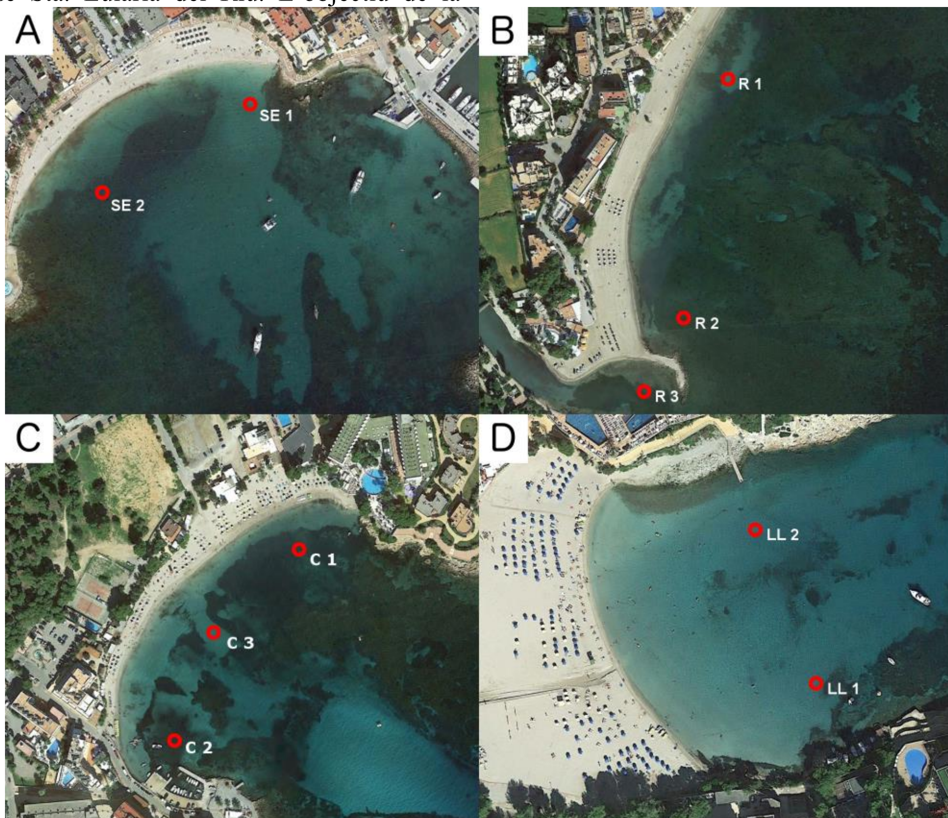


Fig. 1. Mapa de localització dels punts de mostreig a les platges estudiades. A: Santa Eulària; B: Es Riu; C: Es Canar; D: Cala Llonga.

Fig. 1. *Sampling locations of the studied beaches. A: Santa Eulària; B: Es Riu; C: Es Canar; D: Cala Llonga.*

Els mostrejos es realitzaren de juny a setembre de 2013 i de juliol a setembre de 2014. Així mateix, a la zona d'Es Canar es recolliren dues mostres addicionals al juliol de 2013 per estudiar la proliferació de fitoplàncton que va aparèixer en aquest lloc i que va provocar una discoloració de les seves aigües. La fondària màxima a les zones de mostreig oscil·lava entre 1.50 i 1.75 m. La presa de mostres es realitzà directament i per duplicat a uns 5 cm per sota de la superfície de l'aigua, amb botelles de plàstic de 0.5 litres de capacitat prèviament netejades amb aigua del mateix lloc. Les mostres s'agafaven entre les 9 h i les 11 h per evitar l'efecte nit sobre la migració del fitoplàncton i la possible interferència dels banyistes en el mostreig. Les mostres sense cap tipus de tractament, degudament condicionades i empaquetades, s'enviaven mitjançant un servei ràpid de missatgeria al Departament de Biologia de la Universitat de les Illes Balears.

Una vegada en el laboratori es feia una primera observació en viu d'una fracció de les mostres mitjançant un microscopi invertit ZEISS Axiovert equipat per a la presa d'imatges digitals, i la resta es fitxava amb Lugol, un reactiu que conserva i tenyeix les microalgues (Margalef, 1974; Throndsen, 1978). Una part del volum fitxat, normalment 100 ml, es dipositava en cubetes en les quals es realitzava la sedimentació del fitoplàncton. Per una cubeta de 220 mm d'altura i 100 ml de volum s'han d'esperar unes 66 hores perquè totes les cèl·lules quedin dipositades sobre el fons i es pugui passar a la seva observació (Margalef, 1974). La determinació de les espècies presents a la mostra i el recompte del nombre d'organismes de cada una es realitzà seguint la tècnica d'Utermöhl (Lund *et al.*, 1958; Margalef, 1974; Edler i Elbrächter, 2010). Les anàlisis qualitatives i quantitatives del fitoplàncton s'han fet separant les formes grans de les petites, que s'han estudiat respectivament a 100 i 320 augments les primeres i a 400 augments les segones. La divisió per mides té una doble finalitat, d'una part fer estadísticament més representatius els resultats del recomptes, i de l'altre poder oferir una visió de caire més funcional dels diferents organismes que integren les comunitats fitoplanctòniques en cada mostreig. En una primera aproximació a l'ecologia d'aquests microorganismes la separació indica que les formes petites, per sota dels 20 µm, formen part de la fracció del nanoplàncton, mentre que les formes grans que assoleixen mides superiors als 20 µm se situen dintre de la fracció del microplàncton (Sieburth *et al.*, 1978). Les abundàncies de les microalgues és donen en cèl·lules per mil·lilitre.

La interpretació dels resultats obtinguts en aquest treball és fa d'acord amb les directrius que marca la Directiva Marc de l'Aigua, l'objectiu de la qual és assolir el bon estat ecològic de tots els ecosistemes aquàtics del Estats Membres de la Unió Europea. En aquesta direcció estam treballant des de l'any 2005 quan el Govern Balear ens va encarregar l'estudi del fitoplàncton de les aigües costaneres de tot l'Arxipèlag Balear (Puigserver i Moyà, 2007 i 2010). Així mateix, també s'ha especificat quins dels organismes presents a les mostres són considerats potencialment tòxics o formadors de blooms, d'acord amb els criteris de la *Intergovernmental Oceanographyc Commission* (Moestrup *et al.*, 2019).

Resultats

Composició del fitoplàncton

En el conjunt dels mostrejos realitzats en aquest estudi s'han identificat un total de

79 tàxons de microalgues a nivell d'espècie o gènere i 2 a nivell de classe (Taula 1). En aquestes comunitats fitoplanctòniques hi trobam representants de diferents grups filètics eucariotes habituals en la composició del plàncton autòtrof dels ecosistemes marins. El grup més important pel que fa a nombre de tàxons la constitueixen les dinofícies o dinoflagel·lades amb 41 tàxons i les bacil·lariofícies o diatomees amb 33 tàxons. De la resta de microalgues, 2 tàxons corresponen a haptofícies (primnesiofícies) i 5 es reparteixen entre les euglenofícies, les criptofícies, les clorofícies i les prasinofícies (Taula 1). En aquest llistat no es presenten altres microalgues com dinoflagel·lades o diatomees de reduïdes dimensions o les ultraflagel·lades (cèl·lules inferiors a 5µm), que s'han identificat a nivell de grans grups. Això no vol dir que aquestes microalgues siguin poc importants des de la perspectiva de l'estructura i el funcionament de la comunitat fitoplanctònica, de fet aquests grups s'han inclòs en els recomptes d'abundàncies cel·lulars i algunes d'elles, com les ultraflagel·lades, són especialment importants des d'una perspectiva tròfica perquè poden constituir un component important del bucle microbià que és nodreix de la matèria orgànica i dels bacteris que hi ha a l'aigua (Azam *et al.*, 1983; Tamigneax *et al*., 1995; Reynolds, 2006).

Pel que fa a la distribució dels diferents tàxons en funció de l'espai i el temps (Taula 1), observam que són pocs els tàxons que es troben presents de manera recurrent i constitueixen la base de la comunitat fitoplanctònica. Concretament *Cylindrotheca closterium*, *Licmophora*, *Phaeocystis*, *Chrysochromulina*, *Pyramimonas* i *Plagioselmis prolonga* s'han observat en totes les mostres estudiades i es poden considerar ubiqües durant tot el període d'estudi. Per tant, tot i l'alt nombre global d'espècies, les microalgues que apareixen a les mostres de forma continuada formen un grup reduït i, com passa a altres ecosistemes aquàtics, constitueixen el substrat entorn del qual s'estructuren les comunitats i ens serveixen de referència per contextualitzar els canvis que es van produint al llarg del temps. Seguidament, *Alexandrium taylori*, *Gymnodinium*, *Amphora*, *Ardissonea fulgens*, *Diploneis*, *Pleurosigma*, *Striatella unipunctata*, *Thalassionema*, *Tetraselmis* i les euglenals s'han observat com a mínim en una ocasió en tots els punts de mostreig i, tot i no aparèixer sempre, també poden considerar-se ubiqües. Per la seva distribució també s'han observat en un nombre important de localitzacions però no de manera tan freqüent, les dinoflagel·lades del grup *Karlodinium*, *Ostreopsis ovata*, *Prorocentrum arcuatum*, *Prorocentrum lima* i *Protoperidinium*; i les diatomees *Chaetoceros* i *Nitzschia* (Taula 1). Per contra, la presència d'altres espècies ha estat molt esporàdica, com és el cas d'*Alexandrium minutum*, *Ceratium tripos*, *Podolampas spinifer*, *Pronoctiluca acuta*, *Torodinium teredo*, *Chatoceros peruvianus*, *Guinardia striata* o *Lioloma* entre d'altres (Taula 1), contribuint a la variabilitat tan en l'espai com en el temps d'aquestes comunitats.

Pel que fa a la composició dels diferents grups, les diatomees més freqüents a les quatre platges no són organismes estrictament planctònics (Reynolds, 2006). Hem de relacionar la presència d'aquestes espècies a la columna d'aigua amb el transport des del litoral o des dels sediments a causa de l'escassa fondària dels punts de mostreig. Les microalgues qualificades com a bentòniques però presents en el plàncton, antigament anomenades *ticoplàncton*, paraula d'origen

Taula 1. Llista dels tàxons presents a les diferents platges i estius estudiats. SE:Santa Eulària; R:Es Riu; C:Es Canar; Ll:Cala Llonga. (*) Tàxons nocius segons la llista de la IOC. (#) Tàxons formadors de proliferacions.

***Table 1**. List of phytoplankton taxa at the different beaches and sampling times. SE:Santa Eulària; R:Es Riu; C:Es Canar; Ll:Cala Llonga. (*) Harmful phytoplankters included in the IOC algae checklist. (#) Other bloom formers.*

	2013										**2014**									
	SE1	**SE2**	**R1**	**R2**	**R3**	**C1**	**C2**	**C3**	**Ll1**	**Ll2**	**SE1**	**SE2**	**R1**	**R2**	**R3**	**C1**	**C2**	**C3**	**Ll1**	**Ll2**
DINOPHYCEAE																				
Akashiwo sanguinea #	x	x	x		x			x									x			
Alexandrium minutum *			x																	
Alexandrium taylori *	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x
Alexandrium sp. *		x		x																
Ceratium declinatum																			x	
Ceratium furca					x		x		x	x						x				
Ceratium tripos																			x	
Dinophysis rapa			x																	
Dinophysis cf.*sacculus* *	x	x	x	x						x	x	x								x
Gonyaulax sp.				x		x				x										
Gymnodinium semidivisum											x	x	x		x				x	
Gymnodinium sp.	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
Gyrodinium impudicum #													x	x	x	x		x		
Gyrodinium fusiforme		x				x	x		x	x			x			x			x	x
Gyrodinium sp.	x	x	x			x	x	x	x	x										
Heterocapsa pygmaea																			x	
Heterocapsa sp.	x																			
*Karenia brevis**															x	x				
Karenia mikimotoi *													x	x	x	x	x	x	x	
Karlodinium group *											x	x	x	x	x	x	x		x	x
Katodinium glaucum #					x															
Katodinium sp.											x				x					
Kofoidinium veleilloides																	x		x	
Ostreopsis ovata *	x		x	x	x		x	x		x	x		x	x	x	x			x	
Podolampas palmipes											x								x	
Podolampas spinifer										x										
Pronoctiluca acuta									x											
Prorocentrum arcuatum	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x			x					x	x
*Prorocentrum emarginatum**	x			x																
Prorocentrum gracile											x	x					x			x
Prorocentrum lima *	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x	x	x		x	x		
Prorocentrum mexicanum *																				x
Prorocentrum micans			x	x			x				x	x		x			x		x	
Protoperidinium divergens											x	x	x	x					x	
Protoperidinium steinii																x				x
Protoperidinium sp.	x	x	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x					x	x
Scrippsiella sp.		x									x		x			x			x	x
Torodinium robustum																			x	
Torodinium teredo																x				
Torodinium sp.						x			x	x										
Warnowia sp.																				x
BACILLARIOPHYCEAE: Centrals																				
Biddulphia sp.									x											
Chaetoceros peruvianus										x										

Chaetoceros sp.	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
Coscinodiscus sp.					x														x	
Dactyliosolen blavyanus													x	x	x	x	x	x	x	
Dactyliosolen fragilisimus			x	x	x					x						x	x			x
Guinardia flaccida																			x	
Guinardia striata																				x
Hemiaulus hauckii												x				x	x			x
Hemiaulus sp.		x								x										
Leptocylindrus danicus										x			x			x		x	x	x
Lithodesmium sp.	x	x																		x
Odontella sp.																			x	x
Proboscia alata											x					x	x	x	x	x
Rhizosolenia sp.																			x	x
BACILLARIOPHYCEAE: Pennals																				
Amphora sp.		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ardissonea fulgens		x		x		x	x	x			x		x	x	x		x	x	x	x
Climacosphenia sp.													x		x	x	x	x	x	x
Cylindrotheca closterium	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Diploneis sp.	x	x	x			x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Grammatophora sp.					x						x	x				x	x	x	x	x
Licmophora sp.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Lioloma sp.					x															
Navicula sp.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Nitzschia sp.		x	x	x	x	x	x		x	x			x	x		x	x	x	x	x
Plagiotropis sp.	x	x																		
Pleurosigma sp.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Pseudonitzchia delicatissima group *														x	x		x	x	x	x
Pseudonitzschia sp. *									x											
Striatella unipunctata	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Surirella sp.	x	x																		
Tabellaria sp.											x			x	x	x	x	x	x	x
Thalassionema sp.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x		
PRYMNESIOPHYCEAE																				
Phaeocystis sp. *	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Chysochromulina sp.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ALTRES GRUPS																				
Pyramimonas sp.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tetraselmis sp.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x								x	x	x
Plagioselmis prolonga	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cryptophyceae															x		x	x	x	
Euglenophyceae	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

(*) Tàxons nocius segons la IOC *(#) Tàxons formadors de proliferacions* SE:Santa Eulària / R:Es Riu / C:Es Canar / Ll:Cala Llonga

grec que significa component accidental del plàncton (Margalef, 1955), són elements característics dels ecosistemes costaners on la pròpia hidrodinàmica, acció de les brises i processos de mescla vertical diaris afavoreixen la resuspensió. A les platges amb intenses activitats nàutiques i de bany aquests processos es veuen potenciats i serien suficients per a justificar, total o parcialment, els resultats obtinguts. Per altra banda, en els altres grups els tàxons observats disposen de flagels que els permeten realitzar moviments actius entre la superfície de l'aigua i el fons, poden explorar el medi en el que viuen i adaptar-se a canvis en les condicions del medi com són la intensitat de la llum o la concentració de nutrients. Per tant, aquests tàxons es

consideren genuïnament planctònics (Reynolds, 2006).

Finalment, és especialment interessant valorar la presència d'espècies potencialment tòxiques o formadores de proliferacions d'altes densitats cel·lulars (Masó i Garcés, 2006). Entre el total de tàxons observats, 14 d'aquestes microalgues es troben incloses en el llistat de la IOC com a potencialment nocives (Moestrup *et al.*, 2019) i altres 3 es consideren possibles formadores de proliferacions d'alta densitat (Taula 1). Es tracta majoritàriament de dinoflagel·lades de gèneres com *Alexandrium*, *Dinophysis*, *Karenia* i *Prorocentrum* entre d'altres; i de diatomees del gènere *Pseudonitzschia*. A les Balears constitueix un cas especial l'abundància de *Phaeocystis* ja que té una ecologia que no sempre respon a les característiques que se li atribueixen de manera genèrica. Es tracta d'un gènere especialment conegut per haver causat proliferacions recurrents en aigües de latituds baixes, amb formació de denses escumes que afecten negativament a l'ecosistema i a les activitats humanes que s'hi desenvolupen (Green i Leadbeater, 1994; Levasseur *et al.*, 1994; Moestrup i Thomsen, 1995; Lancelot *et al.*, 1998). Per contra, en el cas de l'espècie *P. cordata*, pròpia de la Mediterrània, no s'ha observat ni la seva possible fase colonial ni que formi escumes (Zingone *et al*., 1999). Pel que fa a les Balears, s'ha descrit una densa proliferació de *Phaeocystis* en el Port de Maó lligada al dragatge de la zona portuària i per tant associada a aigües teòricament riques en nutrients (Puigserver i Moyà, 2000). Per contra, també s'ha observat la seva presència a aigües oligotròfiques amb influència oceànica (Puigserver, 2003). Així mateix, en els treballs de la Directiva Marc de l'Aigua, *Phaeocystis* s'ha observat en aigües pobres en nutrients de l'Arxipèlag de Cabrera, formant part de les comunitats fitoplanctòniques de característiques més naturals i que constitueixen les mostres de referència de les àrees costaneres de les Illes Balears (Puigserver i Moyà, 2007). Per tot plegat creiem que es tracta d'una d'aquestes microalgues ubiqua, de les que quasi bé sempre hi són, i que només per aquest fet pot assolir grans creixements quan les circumstàncies són especialment favorables, però que la seva presència no és per si mateixa indicadora de condicions ecològiques particularment deficients.

Abundància i successió del fitoplàncton

En primer lloc i pel que fa a les abundàncies cel·lulars totals, en general s'observen uns valors inferiors a la platja de Cala llonga respecte les altres platges, i que es mantenen majorment per baix del límit de les 1000 cèl/ml (Fig. 2). Per contra, les altres platges presenten unes abundàncies cel·lular en general més altes i particularment a la platja de Santa Eulària què majoritàriament té valors totals superiors a les 1000 cèl/ml. Les platges d'Es Riu i Es Canar semblen tenir unes característiques intermèdies pel fet que majorment tenen unes abundàncies cel·lulars per baix d'aquest valor llindar però presenten creixements puntuals molt per damunt (Fig. 2).

En conjunt, s'observen uns creixements fitoplanctònics estival en les dues campanyes de mostreig que varien de magnitud i temporalització segons la platja estudiada. Les màximes abundàncies cel·lulars s'han mesurat durant la campanya de 2014, i més concretament en el mes de juliol, amb 3993 cèl/ml a la platja de Santa Eulària i 2945 cèl/ml a la platja d'Es Canar (Fig. 2). En els dos casos la comunitat estava dominada per cèl·lules de petites dimensions, les quals contribueixen amb

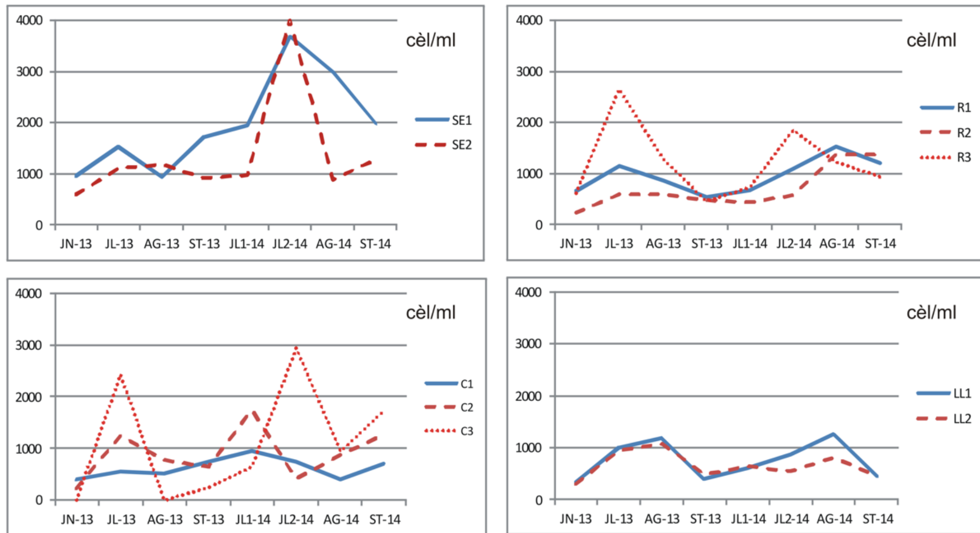


Fig. 2. Abundància cel·lular total al llarg de l'estudi en els diferents punts de mostreig.
Fig. 2. *Total cell abundances at the different sampling sites during the whole study period*.

una quantitat de biomassa per cèl·lula més petita que les formes de mida gran. Les mostres de les dues platges es diferencien per les espècies dominants. A Santa Eulària destaquen *Plagioselmis prolonga*, *Chrysochromulina*, les ultraflagel·lades i *Phaeocystis*. Altres formes abundants han estat les diatomees centrals de grans dimensions, amb dominància de *Chaetoceros*, arribant a 1747 cèl/ml. Per contra, a la platja d'Es Canar destaca *Plagioselmis prolonga* seguida per *Pyramimonas* i ultraflagel·lades, acompanyades per *Chrysochromulina* i diverses dinoflagel·lades dels grups *Karlodinium* i Gymnodinials (Fig. 2). En aquest mateix moment també s'observa un creixement a la platja d'Es Riu, amb dominància d'ultraflagel·lades, seguides per *Phaeocystis*, *Plagioselmis prolonga*, *Chrysochromulina* i petites diatomees pennades.

Per altra banda, durant la campanya de 2013 també s'observa el desenvolupament d'un creixement fitoplanctònic durant el mes de juliol, amb màximes concentracions de 2657 cèl/ml a la platja d'Es riu i amb 2423 cèl/ml a Es Canar. A la platja d'Es Riu i particularment a l'estació R3, es tracta d'unes aigües amb abundants diatomees, tant de petites com de grans dimensions, que mostren un gradient d'augment des de l'estació R1 a la R3 així com ens aproximam a la desembocadura d'Es Riu. L'abundància de diatomees en aquesta zona es relaciona amb les particulars condicions hidrodinàmiques i la possible aportació de nutrients per mitjà d'Es Riu. Les diatomees observades són majoritàriament de vida bentònica i es trobarien a la columna d'aigua afavorides per acció de la hidrodinàmica que les posi en suspensió. Així mateix, la mostra R3 ha presentat una gran quantitat de materials sòlids en suspensió que han d'associar-se a un petit vessament d'aigües residuals que es va produir a una zona propera del tram final d'Es Riu. Aquest tipus de vessament són

una font molt important de nutrients que el fitoplàncton utilitza ràpidament si la resta de condicions ambientals són les adequades.

Un cas especial el representa la proliferació ocorreguda a la platja d'Es Canar al juliol de 2013, què provocà la presència d'una taca d'intens color ataronjat a la superfície de l'aigua. L'espècie responsable era la dinofícia *Alexandrium taylori*, un organisme citat a la bibliografia com a responsable d'episodis de proliferacions recurrents. És el cas de proliferacions amb més de 10^6 cèl·lules per litre, durant els mesos de juliol i agost descrits a una platja del litoral català (Garcés *et al*., 1998). A partir del seguiment d'aquesta recurrència es coneix que aquesta espècie fa migracions verticals dia-nit i que té capacitat per formar cists que són les formes de resistència que mantenen la població quan les condicions no li són favorables (Garcés *et al*., 2002). En el cas que ens ocupa a la platja d'Es Canar, l'abundància fitoplanctònica total en el punt de màxima intensitat de la discoloració fou de $1,25·10^6$ cèl/l amb la única presència de l'espècie causant de la proliferació. Aquest fenomen és un exemple claríssim de proliferació descontrolada d'una espècie, també conegut com a bloom o PAN, que pot causar molèsties diverses a les zones de bany (Glibert i Pitcher, 2001; Tintoré, 2007; Masó i Garcés, 2006). L'existència d'un registre anterior, corresponent al juliol de 2011, d'una discoloració similar a la mateixa platja produïda pel mateix dinoflagel·lat, amb una abundància cel·lular de l'espècie dominant de $1,75·10^6$ cèl/l i una concentració fitoplanctònica total de $2,23·10^6$ cèl/l (Puigserver i Moyà, 2015) ens reafirma la recurrència d'aquests esdeveniments. Pel que fa a la discoloració de 2013 hem de dir que va mantenir-se durant pocs dies, disminuint la seva densitat màxima per baix de $0,3·10^6$ cèl/l en una setmana i indicant que la població d'*A. taylori* ja estava en una fase de decadència. Per les característiques de les mostres sembla probable que el bloom fos controlat de forma natural, molt possiblement pel creixement paral·lel a les algues d'un protozou del grup dels tintínids, que depredava directament sobre la dinoflagel·lada responsable de la proliferació i que l'anava eliminant. Aquest és un bon exemple de la capacitat de retorn que tenen els ecosistemes naturals quan no hi ha factors externs que continuïn accelerant els processos biològics.

Així mateix, a la platja d'Es Canar també s'han mesurat les abundàncies cel·lulars més altes d'euglenofícies, concretament del gènere *Eutreptiella*, arribant a 5,14 cèl/ml al juliol de 2013 a l'estació C3; 1,32 i 2,93 cèl/ml a les estacions C2 i C3 respectivament al juliol de 2014. Aquest grup ha estat citat a zones portuàries de les Balears (Puigserver, 2003) i l'associam a activitats antròpiques. La presència d'aquestes microalgues s'ha observat a totes les platges estudiades però en menor abundància (Taula 1).

Pel que fa a Cala Llonga també s'ha registrat el desenvolupament d'un creixement fitoplanctònic estival, lleugerament retardat en el temps respecte les altres platges i localitzat en el mes d'agost (Fig. 2). A més, la magnitud d'aquests creixements, tot i que superen les 1000 cèl/ml, és inferior a les registrades a les altres platges estudiades. Les màximes abundàncies cel·lulars s'han mesurat al 2014 amb 1267cèl/ml i al 2013 amb 1181 cèl/ml (Fig. 2), amb clara dominància de petites flagel·lades. Només cal destacar un petit creixement de la dinoflagel·lada *Alexandrium taylori* durant l'agost de 2013 amb 66 cèl/ml.

Discussió

Pel que fa a la composició del fitoplàncton a les platges estudiades, el nombre de tàxons identificats durant aquest estudi representa més del 40% dels tàxons trobats en el fitoplàncton de les zones costaneres de tot l'Arxipèlag Balear en el qual s'avaluà l'estat ecològic d'aquests ecosistemes dintre de la Directiva Marc de l'Aigua (Puigserver i Moyà, 2010). Per tant, podem dir que a les platges estudiades de Santa Eulària es troba un fitoplàncton diversificat que mostra variabilitat tant en la seva freqüència com en la composició de les comunitats al llarg del temps i que, a priori, ens fa pensar que té un rol important en el context de l'ecosistema litoral.

Amb l'objectiu de desxifrar les possibles causes de la presència sobtada de proliferacions de fitoplàncton a les zones de platja, ens varem plantejar dues hipòtesis a valorar. La primera hipòtesi era que els creixements de les microalgues, ja siguin de forma moderada i per tant no perceptible o en forma de blooms, responen a les condicions que afavoreixen habitualment els creixements del fitoplàncton. Aquestes condicions són fonamentalment unes temperatures altes i estabilitat de la columna d'aigua pròpies de l'època estival, i a la vegada la presència de banyistes i les nombroses activitats nàutiques que es desenvolupen a la zona i que, de forma directa i/o indirecta per suspensió des del sediment, enriqueixen l'aigua amb els elements que nodreixen el fitoplàncton (Tovar-Sánchez *et al.*, 2013). La segona hipòtesi era que els blooms algals tenen l'origen en les aportacions de nutrients procedents d'activitats antròpiques externes a l'ecosistema, per exemple abocaments furtius d'aigua dolça, rica amb matèria orgànica i nutrients inorgànics, fora de qualsevol control. Aquest component al·lòcton se sumaria i potenciaria els factors esmentats durant els mesos més càlids de l'any.

Una primera visió general de les abundàncies cel·lulars a les quatre platges estudiades i la seva evolució al llarg del temps (Fig. 2) ens permet apuntar un patró de comportament que, amb alguna excepció, és generalitzable a tots els llocs. De forma majoritària es produeix un creixement fitoplanctònic durant el mes de juliol que pot avançar-se o endarrerir-se lleugerament segons la zona d'estudi (Fig. 2). En menor freqüència, aquest creixement s'endarrereix i es produeix dins el mes d'agost, aquest és el cas principalment de Cala Llonga (Fig. 2). Aquesta evolució de les densitats de microalgues al llarg de l'estiu reforça la primera hipòtesi sobre els factors que determinen el creixement del fitoplàncton, dit d'una altra manera les característiques pròpies de l'estació càlida junt amb la incidència de les activitats relacionades amb els usos de les platges, bany i tràfic nàutic, justificarien els canvis quantitatius que s'observen en les comunitats fitoplanctòniques durant els mesos d'estiu.

Pel que fa referència a l'abundància cel·lular total, si consideram que el llindar què separa les aigües menys productives o oligotròfiques de les que tenen una major capacitat productiva pròpia de la zona costanera de les Balears se situa entorn les 10^3 cèl/ml (Puigserver, 2003), podem considerar Cala Llonga com un exemple de platja més oligotròfica, la platja de Santa Eulària com a més productiva i les platges d'Es Riu i Es Canar com a platges amb característiques tròfiques intermèdies. Aquesta classificació duu associats una sèrie de matisos que cal tenir presents perquè no és el mateix parlar de cèl·lules grans o petites, o fins i tot de diferents grups de microalgues.

Podem veure que a la major part de les mostres domina la fracció del nanoplàncton i durant els creixements fitoplanctònics també és aquesta fracció que majorment domina la comunitat, contribuint amb un elevat percentatge del total cel·lular (Taula 2). Aquesta fracció del fitoplàncton està constituïda per nanoflagel·lades, grup heterogeni tant pel que fa a la composició taxonòmica, com a l'estructura de les cèl·lules i a seva flexibilitat metabòlica. La majoria són autòtrofs, però molts també poden viure a expenses de la matèria orgànica, donant-los avantatges per ocupar la columna d'aigua inclús en condicions precàries de nutrients inorgànics (Margalef, 1983; Reynolds, 2006). Per contra, només en moments puntuals la fracció de microalgues constitueix una part més gran en termes d'abundància cel·lular (Taula 2).

D'aquests casos destaquen les proliferacions de les dinoflagel·lades *Alexandrium taylori* i diverses Gymnodinials, i de diatomees del gènere *Chaetoceros*. Des d'aquesta perspectiva, en ecologia es consideren els organismes més petits del fitoplàncton com estrategues de la *r*, són els oportunistes que ocupen ràpidament l'espai

	Total	**Formes petites**		**Formes grans**		
	cèl/ml	**cèl/ml**	**%**	**cèl/ml**	**%**	**Tàxons dominants**
JN-13	957,03 SE1	946,17 SE1	98.87	150,91 C1	37,43	*Gyrodinium*
JL-13	2656,68 R3	2646,28 R3	99.61	1247 C2	100	*Alexandrium taylori*
AG-13	1281,56 R3	1275,58 R3	99.53	142,95 LL2	13,45	*Alexandrium taylori*
ST-13	1717,23 SE1	1700,78 SE1	99.04	21,49 R3	4,73	Diatomees pennades
JL1-14	1944,02 SE1	1934,75 SE1	99.52	514 C2	29,35	*Alexandrium taylori*
JL2-14	3992,9 SE2	2894,16 C3	98.26	1749,39 SE2	43,81	*Chaetoceros*
AG-14	2974,93 SE1	2970,25 SE1	99.84	122,01 C3	12,8	*Gymnodinium*
ST-14	1978,9 SE1	1962 SE1	99.15	16,9 SE1	0,85	Diatomees pennades

Taula 2. Abundàncies cel·lulars fitoplanctòniques màximes per a cada un dels mostrejos referides al total de la comunitat, a les formes petites i grans respectivament. S'inclouen les contribucions en percentatges respecte el total de les formes grans i petites respectivament. Per les formes grans s'indiquen els tàxons dominants.
Table 2. *Maximum phytoplankton cell abundance of the whole community, of large- and small-shaped cells, during the different sampling times. Percentages of large and small shapes are included. The dominant taxa are shown in the case of large-shaped phytoplankton.*

gràcies a la seva flexibilitat metabòlica i reproductiva, mentre que els més grans són considerats estrategues de la *k*, són els més ben adaptats a unes condicions menys variables i tenen una menor taxa de multiplicació (Reynolds, 2006). De totes maneres, la frontera entre els uns i els altres són prou difuses i a vegades no és fàcil parlar estrictament d'una o altra estratègia, ens referim per exemple al cas d'algunes dinoflagel·lades de mida més gran que proliferen ràpidament tot i que com a grup es consideren organismes de multiplicació i metabolisme més lents.

Els valors màxims de cèl·lules és donen a les platges de Santa Eulària i Es Riu i, com ja hem dit, aquests valors quasi sempre coincideixen amb els màxims de cèl·lules petites (Taula 2). Quan els màxims es donaren a la platja de Santa Eulària, la comunitat estava dominada per ultraflagel·lats, la criptofícia *Plagioselmis prolonga* i les haptofícies *Chrysochromulina* i *Phaeocystis*. Es tracta d'un nanoplàncton propi d'aigües clares però que poden presentar una lleugera càrrega de nutrients que estimula el seu creixement. Aquests creixements s'explicarien segons la primera hipòtesi de l'efecte estiu. Així mateix, en base als creixements generalitzats que s'han produït durant els dos estius, els resultats reafirmen la hipòtesi de l'efecte estiu i ús de les platges com a responsables dels canvis que experimenta el fitoplàncton. En qualsevol cas, no podem parlar de condicions d'eutròfia o de producció primària alta generalitzada en cap de les quatre platges, i molt manco de creixements sostinguts durant llargs períodes de temps. Les xifres més altes no superen les $4 \cdot 10^3$ cel/ml i, a més, dominen formes de petites dimensions i, per tant, d'escassa biomassa.

En el cas de la platja d'Es Riu, les màximes abundàncies cel·lulars mesurades al juliol de 2013 es localitzaven a la zona més propera a la desembocadura (Taula 2), amb creixement de nanoflagel·lades junt amb petites diatomees i coincidint amb la presència de partícules en suspensió a l'aigua que possiblement han d'associar-se a un petit vessament en el tram final del riu. Tot plegat ens fa pensar en un enriquiment puntual de l'aigua en nutrients, que propicià l'arrossegament de poblacions de diatomees amb abundants formes pennades des del riu cap a la platja. El segon màxim que es donà al mateix lloc en el mostreig del mes d'agost fou sensiblement inferior, el que ens reafirma en aquest cas en la hipòtesi d'una fertilització puntual. La major abundància de forma reiterada d'aquestes diatomees a la platja d'Es Riu i en particular al punt R3 (Fig.2), l'hem de relacionar amb la turbulència de la zona deguda als intercanvis que és produeixen entre els dos ecosistemes i al tragí de petites embarcacions. Encara més important és l'aportació de silici per l'aigua dolça, element imprescindible pel creixement de les diatomees (Margalef, 1983). Com ja hem esmentat, moltes de les diatomees que surten a les mostres són organismes de vida bentònica que arriben al plàncton des de la vorera o des del fons.

Per altra banda, la presència de manera abundant de diatomees de vida planctònica, com *Chaetoceros*, només s'ha observat de manera molt puntual, arribant a uns màxims de 382 cèl/ml i 1747 cèl/ml a la platja de Santa Eulària als agostos de 2013 i 2014 respectivament. Aquests creixements aparentment estarien fora de la successió fitoplanctònica teòrica en els ecosistemes marins, en la què els estius es caracteritzen per un augment de l'estabilitat de la columna d'aigua, disminució del nutrients i

domini de les dinofícies afavorides per la seva mobilitat i la seva capacitat mixotròfica (Jacobson i Andersen, 1994; Adolf *et al.*, 2006). En qualsevol cas, les diatomees han estat citades reiteradament en el plàncton estival de zones costaneres (Reynolds, 2006); Margalef s'hi refereix repetidament en els seus estudis sobre el fitoplàncton de les ries gallegues (Margalef *et al.*, 1955); i també les hem trobat a diferents indrets del litoral Balear (Puigserver i Moyà, 2007). En el cas de les platges estudiades és difícil parlar de successió perquè ens manca informació sobre la resta de l'any, però tot i aquestes mancances, el comportament de les diatomees no s'aparta del que seria previsible pel tipus d'ecosistema estudiat, amb poca fondària, influïts per la proximitat de la costa i amb una clara incidència antròpica. Les diferències observades a les quatre platges les podem associar als diferents models de funcionament, que tenen que veure amb la morfologia concreta del litoral, la hidrodinàmica de la zona i la incidència actual i històrica de les activitats antròpiques.

Pel que fa a les dinofícies, tot i ser el segon grup d'algues amb més representants a les quatre platges estudiades, la seva presència a les mostres ha estat inferior a la de les diatomees. Només *Alexandrium taylori* ha presentat una distribució generalitzada i centrada en els mesos de juliol i d'agost. Això vol dir que uns organismes que teòricament haurien de trobar les condicions idònies pel seu creixement en la fase estival de la successió fitoplanctònica no mantenen poblacions quantitativament importants i estables. Hem de considerar aquesta circumstància com un fet positiu des de la perspectiva de la qualitat dels ecosistemes ja què per una part ens mostra la precarietat en les condicions pel desenvolupament de les dinofícies, probablement una mancança de nutrients i/o menys estabilitat de la que necessiten per créixer; i per altra part fa menys factible el creixement dels nombrosos tàxons d'aquest grup considerats potencialment formadors de proliferacions o nocius. En qualsevol cas, els creixements puntuals d'aquestes espècies, com *Alexandrium taylori* amb màxims de 1247 cèl/ml a Es Canar el juliol de 2013 i provocant una discoloració ataronjada de les aigües just a la línia de platja, són una senyal d'alerta que ens indica que l'ecosistema surt del seu estat natural. A més, es tracta de cèl·lules de grans dimensions que contribueixen amb una gran quantitat de biomassa fitoplanctònica i per la seva possible recurrència han de ser motiu de preocupació i seguiment. Tot i què per aquestes espècies potencialment formadores de proliferacions algals nocives i en base a les abundàncies cel·lulars mesurades a proliferacions a la Mediterrània (Vila *et al.*, 2001) consideram una espècie en estat de bloom quan presenta abundàncies cel·lulars superiors a les 10^4 cel/ml, les abundàncies cel·lulars mesurades en el present estudi no han de ser menyspreades particularment per l'impacte social causat per la discoloració de la zona de bany. Així mateix, els creixements d'euglenofícies observades els mesos de juliol a la mateixa platja d'Es Canar creiem que és un motiu d'atenció per la possibilitat que tenen aquestes algues d'utilitzar matèria orgànica (Margalef, 1983), fet que les associa a la seva presència en el medi.

Finalment, s'ha de remarcar la presència d'espècies potencialment tòxiques o productores de proliferacions a totes les platges estudiades (Taula 1). Tot i això, Fraga (2013) posà de manifest els problemes de tipus pràctic que tenen

aquestes llistes sobretot pel desconeixement que encara es té dels aspectes concrets de la sistemàtica i ecologia de les microalgues. Sobre aquesta problemàtica cal entendre que pel fet que una espècie figuri a un catàleg d'organismes possiblement perillosos no vol dir que ho sigui sempre i en tots els lloc on es troba, perquè en moltes ocasions la podem trobar en condicions naturals. Hem constatat aquest fet en l'estudi del fitoplàncton de les aigües costaneres de l'Arxipèlag Balear en aplicació de la Directiva Marc de l'Aigua, en el que observàvem que microalgues del llistat de l'IOC també creixen en les aigües del Parc Nacional de l'Arxipèlag de Cabrera, considerades amb les millors condicions ecològiques i exemples de referència per a tota la resta de masses d'aigua del litoral balear (Puigserver i Moyà, 2007; 2010). En qualsevol cas, la presència d'aquestes espècies i el fet que ja s'hagin produït discoloracions de les aigües associades a proliferacions, augmenta la possibilitat que es produeixin blooms en el futur i ens avisa de la importància de la seva vigilància. A més, a una escala més llarga de temps però que ja té un efecte ben tangible, s'ha de tenir present la introducció i la dispersió d'espècies del fitoplàncton associada a la globalització de les activitats antròpiques en l'ecosistema marí i a l'escalfament progressiu de l'aigua degut al canvi climàtic global, que afavoreix el creixement d'espècies exòtiques. Es tracta d'agents externs, que precisaran d'un seguiment acurat quan l'espècie introduïda és un organisme potencialment formador de blooms i/o nociu per altres components de l'ecosistema.

Conclusions

En base a l'estudi durant els mesos d'estiu, les platges estudiades del municipi de Santa Eulària del Riu presenten una comunitat fitoplanctònica diversificada, que mostra variabilitat en l'abundància i composició de les comunitats en el temps i l'espai. Pel que fa a la capacitat productiva i en base a les abundàncies cel·lulars totals, podem considerar Cala Llonga com un exemple de platja oligotròfica, Santa Eulària com a més productiva i les platges d'Es Riu i Es Canar com a platges amb característiques tròfiques intermèdies. En general, es produeix un creixement fitoplanctònic durant el mes de juliol que pot avançar-se o endarrerir-se lleugerament segons la zona d'estudi. En menor freqüència, com és el cas de Cala Llonga, aquest creixement estival es produeix dins el mes d'agost. Aquesta evolució de les comunitats fitoplanctòniques s'explicaria per les condicions pròpies de l'estiu, elevades temperatures i estabilitat de la columna d'aigua, potenciades per l'increment de la presència de banyistes i altres activitats nàutiques.

El fitoplàncton està generalment dominat per la fracció del nanoplàncton, concretament per nanoflagel·lades de diferents grups taxonòmics, propi d'aigües clares que en determinants moments presenta una lleugera càrrega de nutrients que estimula el creixement de la comunitat fitoplanctònica sense produir canvis significatius en la seva composició taxonòmica.

De manera puntual la fracció corresponent a microalgues contribueixen a una part més gran del total cel·lular, dominant dinofícies o diatomees segons el cas. Les proliferacions a la platja d'Es Riu, amb un augment d'abundància cel·lular quan ens apropam a la desembocadura, amb creixement de nanoflagel·lades junt amb diatomees pennades de caràcter més bentònic i amb presència de nombroses partícules en suspensió ha d'associar-se a

fertilitzacions puntuals i l'arrossegament des del riu.

Altres creixements són de diatomees pròpiament planctòniques, com a la platja de Santa Eulària, que correspondrien a comunitats estivals pròpies de zones costaneres de poca fondària, influïts per la proximitat de la costa i amb una clara incidència d'activitats antròpiques que incrementen la turbulència del sistema.

Finalment, tot i ser el grup amb un major nombre de tàxons, les dinofícies no han estat massa abundants a les platges estudiades. Pel fet de ser un grup característics de l'època estival en l'ecosistema marí, les seves baixes abundàncies ens indicarien unes condicions poc favorables per aquest grup, com seria una major turbulència de la columna d'aigua associable a les activitats nàutiques de la zona. En qualsevol cas, el fet que s'hagin produït creixements explosius, amb clara dominància d'una dinofícia i que han provocat la discoloració de les aigües, concretament a la platja d'Es Canar, han de considerar-se una clara senyal d'alerta que les condicions d'aquest ecosistema s'allunyen del seu estat natural, desitjable tant des del punt de vista ecològic com pels usos antròpics que s'hi desenvolupen. A més, la possible recurrència d'aquets esdeveniments els fan ser motiu especial de preocupació. La major abundància d'euglenofícies en aquesta mateixa platja d'Es Canar pot ser indicadora de la presència de matèria orgànica que provoqui un enriquiment en nutrients de les aigües i ens reafirma en la necessitat de vigilància i control especials.

Agraïments

Aquest estudi ha estat finançat per la Regidoria de Medi Ambient de l'Ajuntament de Santa Eulària del Riu (Eivissa). Volem fer palès el nostre reconeixement a la iniciativa per part dels responsables polítics i tècnics ambientals d'aquest ajuntament en la realització d'aquest estudi.

Bibliografia

Adolf, J.E., Stoecker, D.K. i Harding, L.W. Jr. 2006. The balance of autotrophy and heterotrophy during mixotrophic growth of *Karlodinium micrum* (Dinophyceae). *J. Plank. Res.*, 28(8): 737-751.

Anderson, D.M., Fukuyo, Y. i Matsuoka, K. 1995. Cyst methodologies. *In*: Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M. i Cembella, A.D. (eds.). *Manual on harmful marine microalgae.* IOC Manuals and Guides nº 33. UNESCO, Paris. 229-249.

Azam, F., Fenchel, T., Field, J.G., Gray, J.S., Meyer-Reil, L.A. i Thingstad, F. 1983. The ecological role of wàter column microbes in the sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 10: 257-263.

Conselleria de Medi Ambient, 2002. Decret 123/2002, de 4 d'octubre, sobre la implantació de l'Agenda Local 21 als municipis de les Illes Balears. Bolletí Oficial de les Illes Balears, 123/2002: 17710-17714.

DMEA (Directiva Marco Europea del Agua), 2000. Directiva 2000/60/C del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 22.12.2000, I.327/1-72.

Edler, L. i Elbrächter, M. 2010. The Utermöhl method for quantitative phytoplankton analysis. *In:* Karlson, B., Cusak, C. i Bresnan, E. (eds.). *Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis.* IOC Manuals and Guides nº 55. UNESCO, Paris. 13-20.

Fraga, S. 2013 Problemas de identidad y distribución de especies de microalgas nocives en el àrea REDIBAL. In: *Libro de resúmenes de la XII Reunión Ibérica sobre microalgas nocivas y biotoxinas*. Palma de Mallorca. 31-33.

Garcés, E., Delgado, M., Masó, M. i Camps, J. 1998 Life history and *in situ* growth rates of *Alexandrium taylori* (Dinophyceae, Pyrrophyta). *J. Phycol*., 34: 880-887.

Garcés, E., Masó, M. i Camps, J. 2002. Role of temporary cysts in the population dynamics of *Alexandrium taylori* (Dinophyceae). *J. Plankton Res*., 24: 681-686.

Glibert, P.M. i Pitcher, G. 2001. *GEOHAB Science Plan*. SCOR and IOC, Baltimore and Paris. 86 pp.

Green, J.C. i Leadbeater, B.S.C. (eds) 1994. The haptophyte algae. The Systematics Association Special Volume nº 51. Clarendon Press, Oxford. 446pp.

ISO 14001. 2004 Sistemas de gestión ambientl. Requisitos con orientación para su uso. ISO Geneve. 26pp.

Jacobson, D.M. and Andersen, R.A. (1994) The discovery of mixotrophy in photosynthetic species of *Dinophysis* (Dinophyceae): light and electron microscopical observations of food vacuoles in *Dinophysis acuminata*, *D. norvegica* and two heterotrophic dinophysoid dinoflagellates. *Phycologia*. 33: 97-110.

Lancelot, C., Keller, M.D., Rousseau, V., Smith, W.O. i Mathot, S. 1998. Autoecology of the marine haptophyte Phaeocystis sp. *In*: Anderson, D.M., Cembella, A.D. i Hallegraell, G.M. (eds.) *Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms*. NATO ASI series, vol.G41, Springer-Verlag. Berlin. 209-224.

Levasseur, M., Keller, M.D., Bonneau, E., D'Amours, D. i Bellows, W.K. 1994. Oceanographic basis of a DMS-related Atlantic cod (*Gadus morhua*) fishery problem: blackferry feed. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*. 51: 881-889.

Lund, J.W.G., Kipling, C i Lecren, E.D. 1958. The inverted microscope methods of estimating algal numbers and stadistical basis of the estimations by counting. *Hydrobiologia*, 11: 143-170.

Margalef, R. 1955. *Los organismos indicadores en la limnología*. Min. Agric., Dir. Gral. Montes, Caza y Pesca. Madrid. 300pp.

Margalef, R. 1974. Counting. *In*: Vollenweider, R.A. (ed.). *A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments.* Blackwell Scientific Publications. Oxford. 7-14.

Margalef, R. 1983 *Limnología*. Omega. Barcelona. 1010pp.

Margalef, R., Durán, M. i Saiz, F. 1955. El fitoplàncton de la ría de Vigo de enero de 1953 a marzo de 1954. *Inv. Pesq*., Tomo II: 85-129.

Masó, M. i Garcés, E. 2006. Harmful microalgae bloom (HAB); problematic and conditions that induce them. *Mar. Poll. Bul.*, 53: 620-630.

Moestrup, Ø. i Thomsen, H.A. 1995. Taxonomy of toxic Haptophytes (Prymnesiophytes). In: Hallegraeff G.M., Anderson, D.M. i Cembella, A.D. (eds.) Manual on Harmful Marine Microalgae. IOC Manuals and Guides nº 33. UNESCO, Paris. 319-338.

Moestrup, Ø., Akselmann-Cardella, R., Fraga, S., Hoppenrath, M., Iwataki, M., Komárek, J., Larsen, J., Lundholm, N. i Zingone, A. (eds.) (2019). IOC-UNESCO Taxonomic Reference List of Harmful Micro Algae. Accessed at http://www.marinespecies.org/hab on 2019-05-21. doi:10.14284/362

Puigserver, M. 2003. *Aspectes ecològics i taxonòmics del fitoplàncton a zones costaneres de la Mediterrània*. Tesi Doctoral. Universitat de les Illes balears. 235pp. Inèdita.

Puigserver, M. i Moyà, G. 2000. Observacions de *Phaeocystis cordata* (Prymnesiophyceae) en el Port de Maó (Illes Balears, Mediterrani Occidental). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 43: 77-80.

Puigserver, M. i Moyà, G. 2007. *Estudi de la composició i abundància del fitoplàncton, destinat a l'avaluació de l'estat ecològic de les masses d'aigua costaneres de les Illes Balears, en el marc de la implantació de la Directiva Marc Europea de l'Aigua*. Conveni de col·laboració entre l'Institut Balear de l'Aigua del Govern de les Illes Balears i la UIB. 24pp+Annexes. Inèdita.

Puigserver, M. i Moyà, G. 2010. Estudi del fitoplàncton, destinat a l'avaluació de l'estat ecològic de les masses d'aigua costaneres de les Illes Balears, en el marc de la

implantació de la Directiva Marc Europea de l'Aigua (WFD). Fase II. Conveni de col·laboració entre l'Institut Balear de l'Aigua del Govern de les Illes Balears i la UIB. 205pp. Inèdita.

Puigserver, M. i Moyà, G. 2015. Actualització dels registres de proliferacions algals nocives (PANs) a les aigües costaneres de les Illes Balears com a suport per a l'aplicació de la Directiva Marc Europea de l'Aigua. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 58: 27-44.

Reynolds, C. 2006. *Ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press. Cambridge. 535pp.

Sieburth, J.M., Smetacek, V. i Lenz, J. 1978. Pelagic ecosystem structure heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. *Limnol. Oceanogr*., 23: 1256-1263.

Tamigneaux, E., Vázquez, E., Mingelbier, M., Klein, B. i Legendre, L. 1995. Environmental control of phytoplankton assemblages in nearshore marine waters, with special emphasis on phototrophic ultraplankton. *J. Plank. Res*., 17(7). 1421-1447.

Tintoré, J. (coord.). 2007. *Evaluación y monitorización de la calidad de las aguas costeras de las islas Baleares (2005-2007). Informe final Proliferaciones algales nocivas (PAN).* IMEDEA, ICM i Govern de les Illes Balears. Palma. 39 pp + Anexos I, II i III. Inèdita

Throndsen, J. 1978. Preservation and storage. *In*: Sournia, A. (ed.) *Phytoplankton manual*. Monographs on Oceanographic Methodology nº6. UNESCO, Paris, 69-74.

Tovar-Sánchez, A., Shánchez-Quiles, D., Basterretxea, G., Benedé, J.L., Chisvert, A., Salvador, A., Moreno-Garrido, I. i Blasco, J. 2013. Sunscreen products as emergint pollutants to coastal wàters. *PLOS ONE*, 8(6): e65451. Doi.10.1371/journal.pone.0065451

Vila, M., Camp, J., Garcés, E., Masó, M. i Delgado, M. 2001. High resolution spatio-temporal detection of potencially harmful dinoflagellates in confined waters of the NW Mediterranean. *J. Plankt. Res.* 23(5): 497-514.

Zingone, A., Chrétiennot-Dinet, M.J., Lange, M. i Medlin, L. 1999. Morphological and genetic characterization of *Phaeocystis cordata* and *P.jahnii* (Prymnesiophyceae). Two new species from the Mediterranean Sea. *J. Phycol.*, 35: 1322-1337.